

УДК 378.14+004.4

ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ELECTRONICS WORKBENCH У КОМП'ЮТЕРНИХ ДИСЦИПЛІНАХ

© Литвинов А.Л.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Інформація про автора:

Литвинов Анатолій Леонідович: ORCID: 0000-0001-7063-7814; litan@meta.ua; доктор технічних наук, професор кафедри прикладної математики і інформаційних технологій; Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова; вул. Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна.

У статті представлені результати використання системи схемотехнічного моделювання Electronics Workbench в навчальному процесі для комп'ютерних дисциплін. Проведено аналіз використання системи Electronics Workbench в освіті. З нього випливає, що значна частина публікацій зосереджена на описі самої системи. Приклади використання наведені для базових елементів. Автором запропоновано освоєння матеріалу по комп'ютерній техніці здійснювати шляхом самостійного проектування базових вузлів комп'ютера «знизу вгору». Цим самим реалізується компетентність «здатність до проектування технічних засобів комп'ютерних систем». Теоретичною основою комп'ютерної техніки є булева алгебра. Базовими функціями є І, АБО, НІ. Базовими технічними елементами є діоди і транзистори. В якості першого кроку в освоєнні комп'ютерної техніки студенту запропоновано спроектувати і досліджувати базові функції на базі діодів і транзисторів, що входять в бібліотеку Electronics Workbench. Найважливішим елементом пам'яті комп'ютерної техніки є тригер. Їх типів досить багато: RS, T, D, JK, синхронні, асинхронні, однотактні, двотактні. І хоча в Electronics Workbench є декілька готових схем, що виконують функцію тригера, доцільно в навчальних цілях самостійно зібрати один з типів тригера і переконатися в його здатності зберігати один біт інформації. З цією метою будується асинхронний RS-тригер на базі елементів АБО-НІ. Як джерело логічної одиниці використовується елемент живлення + Vcc, управління подачею сигналів установка (S) і скидання (R) здійснюється за допомогою двох ключів. Відповідно, за ключем, який регулює подачу сигналу «Установка», в його властивостях закріплюється буква S, а за ключем, який регулює подачу сигналу «Скидання», закріплюється в його властивостях буква R. Індикація стану тригера здійснюється за допомогою елемента Red Probe. У комп'ютерній схемотехніці широке застосування знайшов JK-тригер, комутую певним чином входи якого, можна реалізувати інші типи тригерів. Для дослідження цих можливостей запропоновано використовувати макет на основі JK-тригера з бібліотеки Electronics Workbench зі входами примусової установки в нуль або одиницю. В процесі проведення експериментів студент заповнює спеціальні таблиці. За їх аналізу робиться висновок в якому режимі працював JK-тригер. На основі тригерів у комп'ютері будуються регістри. Сучасні процесори мають в своєму складі до декількох сотень регістрів різного призначення. Регістр в загальному випадку повинен мати інформаційні входи, інформаційні виходи і входи управління, що дозволяють обнулити регістр, записати в нього інформацію і зчитати, для чого потрібні відповідні схеми. Для дослідження процесів записи, зберігання та видачі інформації використовується віртуальний макет на чотири розряду. Після проведення експериментів на базі розробленої схеми створюється субсхема, яка буде використовуватися в подальшому як закінчений вузол. Використовуючи JK-тригер в режимі T-тригера, можна побудувати двійковий лічильник імпульсів. Двійкові лічильники використовуються для побудови блоку управління комп'ютером, таймера і виконання інших функцій. Студентам запропоновано зібрати відповідний макет і досліджувати його. Для дослідження часової діаграми роботи лічильника до його виходів можна підключити логічний аналізатор (Logic Analyzer). В оволодінні навчального матеріалу важливе місце повинно бути відведено методиці проектування комбінаційних схем по таблиці істинності. Однією з лабораторних робіт може

бути проектування дешифратора і відпрацювання його на віртуальному макеті. Освоївши функціонування базових блоків комп'ютера, можна переходити до розуміння логіки роботи всього процесора. Основним завданням процесора є виконання команд програми, що входять в його набір команд. Загальним для всіх команд є те, що вони виконуються за кілька тактів, ініційованих відповідними мікрокомандами. У виконанні кожної команди задіяний ряд блоків: тактовий генератор, лічильник, дешифратори, які утворюють пристрій управління процесора. Технологію виконання команд процесора запропоновано освоїти на прикладі простої команди MOV - пересилання двійкового слова з одного регістра в інший. Для цього використовуємо відповідний віртуальний макет.

Таким чином, використання системи схемотехнічного моделювання Electronics Workbench в навчальному процесі при мінімальних витратах і максимальній гнучкості дозволяє студенту усвідомити логіку роботи комп'ютера, оволодіти методикою проектування окремих вузлів комп'ютера і проведення експериментів над ними.

Ключові слова: Electronics Workbench, вузол, дешифратор, діод, експеримент, елемент, комп'ютер, лічильник, макет, моделювання, проектування, субсхема, транзистор, тригер.

Литвинов А.Л. «Особенности учебного процесса с использованием Electronics Workbench в компьютерных дисциплинах»

В статье представлены результаты использования системы схемотехнического моделирования Electronics Workbench в учебном процессе для компьютерных дисциплин. Проведен анализ использования системы Electronics Workbench в образовании. Из него следует, что значительная часть публикаций сосредоточена на описании самой системы. Примеры использования приведены для базовых элементов. Автором предложено освоение материала по компьютерной технике осуществлять путем самостоятельного проектирования базовых узлов компьютера «снизу вверх». Этим самым реализуется компетентность «способность к проектированию технических средств компьютерных систем». Теоретической основой компьютерной техники является булева алгебра. Базовыми функциями являются И, ИЛИ, НЕ. Базовыми техническими элементами являются диоды и транзисторы. В качестве первого шага в освоении компьютерной технике студенту предложено спроектировать и исследовать базовые функции из диодов и транзисторов, входящих в библиотеку Electronics Workbench. Важнейшим элементом памяти компьютерной техники является триггер. Их типов достаточно много: RS, T, D, JK, синхронные, асинхронные, однотактные, двухтактные. И хотя в Electronics Workbench имеется несколько готовых схем, выполняющих функции триггера, целесообразно в учебных целях самостоятельно собрать один из типов триггера и убедиться в его способности хранить один бит информации. С этой целью строится асинхронный RS-триггер на базе элементов ИЛИ-НЕ. В качестве источника логической единицы используется элемент питания +Vcc, управление подачей сигналов установка (S) и сброса (R) осуществляется с помощью двух ключей. Соответственно, за ключом, который управляет подачей сигнала «Установка», закрепляется в его свойствах буква S, а за ключом, который управляет подачей сигнала «Сброс», закрепляется в его свойствах буква R. Индикация состояния триггера осуществляется с помощью элемента Red Probe. В компьютерной схемотехнике широкое применение нашел JK-триггер, коммутируя определенным образом входы которого, можно реализовать остальные типы триггеров. Для исследования этих возможностей предложено использовать макет на основе JK-триггера из библиотеки Electronics Workbench с входами принудительной установки в нуль или единицу. В процессе проведения экспериментов студент заполняет специальные таблицы. По их анализу делается вывод, в каком режиме работал JK-триггер. На основе триггеров в компьютере строятся регистры. Современные процессоры имеют в своем составе до нескольких сотен регистров различного назначения. Регистр в общем случае должен иметь информационные входы, информационные выходы и входы управления, позволяющие обнулить регистр, записать в него информацию и считать, для чего нужны соответствующие схемы. Для исследования процессов записи, хранения и выдачи информации используется виртуальный макет на четыре разряда. После проведения экспериментов на базе

разработанной схемы создается субсхема, которая будет использоваться в дальнейшем как законченный узел. Используя JK-триггер в режиме T-триггера, можно построить двоичный счетчик импульсов. Двоичные счетчики используются для построения блока управления компьютером, таймера и выполнения других функций. Студентам предложено собрать соответствующий макет и исследовать его. Для исследования временной диаграммы работы счетчика к его выходам можно подключить логический анализатор (Logic Analyzer). В овладении учебного материала важное место должно быть отведено методике проектирования комбинационных схем по таблице истинности. Одной из лабораторных работ может быть проектирование дешифратора и отработка его на виртуальном макете. Освоив функционирование базовых блоков компьютера, можно переходить к пониманию логики работы всего процессора. Основной задачей процессора является выполнение команд программы, входящих в его набор команд. Общим для всех команд является то, что они выполняются за несколько тактов, инициируемых соответствующими микрокомандами. В выполнении каждой команды задействован ряд блоков: тактовый генератор, счетчик, дешифраторы, которые образуют устройство управления процессора. Технологию выполнения команд процессора предложено освоить на примере простейшей команды MOV - пересылка двоичного слова из одного регистра в другой. Для этого используем соответствующий виртуальный макет.

Таким образом, использование системы схемотехнического моделирования Electronics Workbench в учебном процессе при минимальных затратах и максимальной гибкости позволяет студенту уяснить логику работы компьютера, овладеть методикой проектирования отдельных узлов компьютера и проведения экспериментов над ними.

Ключевые слова: Electronics Workbench, дешифратор, диод, компьютер, макет, моделирование, проектирование, субсхема, счетчик, транзистор, триггер, узел, эксперимент, элемент.

Litvinov A.L. "Intensification of the educational process using Electronics Workbench in computer disciplines"

The article presents the results of using Electronics Workbench system in the educational process for computer disciplines. The analysis of the use of Electronics Workbench system in education is carried out. The findings allow us to claim that a significant part of publications is concentrated on the description of the system itself. Some examples of the use are given for the basic elements. The author suggests studying materials on computer technology by means of an independent design of basic computer units "from the bottom up". By this, the competence "the ability to design the technical means of computer systems" is realized. The theoretical basis of computer technology is the Boolean algebra. The basic functions are AND, OR, NOT. Diodes and transistors are basic technical elements. As a first step in the mastering of computer technology, a student is offered to design and explore the basic functions from diodes and transistors which are included in Electronics Workbench library. The most important element of computer memory is a trigger. Their types are quite numerous: RS, T, D, JK, synchronous, asynchronous, single-cycle, two-cycle. And although Electronics Workbench has several ready-made circuits that perform the trigger functions, it is advisable in the training purposes to assemble one of the trigger types independently and to be sure of its ability to store one bit of information. For this purpose, an asynchronous RS trigger based on OR-NOR elements is constructed. The source of the logical unit is the battery +Vcc, setup (S) and reset (R) signals are managed with the help of two keys. Accordingly, the letter S is fixed in properties of the key that operates the submission of a signal "Setup", and the letter R is fixed in properties of the key that operates the submission of a signal "Reset". The indication of the state of the trigger is carried out using the element Red Probe. JK-trigger has found wide application in computer circuitry, as when its inputs are switched in certain ways, it is possible to implement other types of triggers. For research of these opportunities it is recommended to use a layout based on the JK-trigger from Electronics Workbench library with inputs of compulsory installation in zero or one. Students fill in special tables during carrying out the experiments on the JK-trigger. According to their analysis, the conclusion is made in which mode the JK-trigger operates. Registers are built on the basis of triggers in the computer. Modern processors have up to several hundred

registers for various purposes. The register in general should have information inputs, information outputs and control inputs that allow resetting the register and writing information into it. Corresponding circuits are necessary for this purpose. To study the processes of recording, storing and issuing information, a virtual layout of the register is used in four bits. After the experiments on the basis of the developed scheme, a subcircuit is created, which will be used later as a complete unit. Using the JK trigger in T- trigger mode, it is possible to construct a binary pulse counter. Binary counters are used to build a computer control unit, a timer, and other functions. It is offered to students to assemble a corresponding layout and to investigate it. To study the time diagram of the counter operation, you may connect Logic Analyzer to its outputs. In the process of acquiring study materials, an important place should be given to the method of designing combinational circuits according to the truth table. One of the laboratory works can be the designing of a decoder and its studying on a virtual layout. Having mastered the functioning of the base units of the computer, it is possible to pass to understanding the logic of work of the whole processor. The main task of the processor is to execute the commands of the program that are part of its instruction set. The common thing for all commands is that they are executed in several cycles, initiated by the corresponding micro-commands. Several units are used at execution of each command: the clock generator, the counter, decoders which form the control unit of a processor. The technology of execution of commands of the processor can be mastered by studying the example of the elementary command MOV – transfer of a binary word from one register into another. For this purpose the corresponding virtual layout is used.

Thus, the use of the system of circuit simulation of Electronics Workbench in the educational process allows student to understand the logic of how computers work, to master a technique of designing individual units of the computer and carrying out experiments with them at minimal expense and maximal flexibility.

Keywords: Electronics Workbench, decoder, diode, computer, layout, simulation, design, subcircuit, counter, transistor, trigger, unit, experiment, element.

Постановка проблеми. Комп'ютерні дисципліни відносяться до тієї галузі знань, в яких нерозривне зв'язок теоретичного аналізу та експериментальних досліджень. Матеріал, що викладається супроводжується великою кількістю складних схем, перевірка працездатності яких на навчальних макетах скрутна. По-перше, вони вимагають значних приміщень при мінімальній функціональності. Так на рис. 1 зображені навчальні стенди лабораторії по комп'ютерній схемотехніці (аудиторія 414/1 УПА), на яких можна проводити максимум три лабораторні роботи.



Рис. 1. Навчальна лабораторія з дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка»




По-друге, їх модернізація під сучасне обладнання обмежена через відсутність фінансування. Тому обмеженою альтернативою реальному обладнанню можуть служити віртуальні моделі, реалізовані на відповідній програмній системі. Серед таких систем виділяється система Electronics Workbench. Володіючи унікальними властивостями по моделюванню електронних схем, ElectronicsWorkbench дозволяє замінити макети з дослідження окремих компонентів комп'ютерної техніки їх віртуальними аналогами.

Лабораторні роботи, курсові та дипломні проекти по комп'ютерній техніці можна виконувати на звичайних персональних комп'ютерах. Паралельно можна проводити аналітичне моделювання з використанням тієї чи іншої системи комп'ютерної математики [1]. Результатом є суттєва економія коштів, скорочується потреба в технічному персоналі. З'являється можливість вивчати процеси, недоступні при традиційному підході. Це дозволяє студентам чітко розуміти суть процесів, що відбуваються у комп'ютерних системах

Виклад матеріалу в комп'ютерній дисципліні йде від простого до складного, де кожен розділ базується на попередніх і що повинно бути підкріплено відповідними лабораторними роботами. Особливо цінним є властивість системи Electronics Workbench формувати з функціонального блоку зі складною структурою з відповідними входами і виходами закінченого елемента схеми - субсхема, яка позначається як невеликий прямокутник з висновками. Цей елемент міститься в окрему бібліотеку і може використовуватися у відповідності зі своєю функцією нарівні зі стандартними елементами системи. У зв'язку з цим формулюється проблема розробки методики використання Electronics Workbench в учбовому процесі для комп'ютерних дисциплін за принципом «знизу - вгору», починаючи від базових елементів і закінчуючи закінченими функціональними блоками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З моменту своєї появи система Electronics Workbench привернула фахівців в області проектування електронної апаратури своєї функціональної завершеністю, широкими можливостями, легкістю освоєння [2 - 4]. Опис системи Electronics Workbench, основні прийоми роботи з нею наведені в роботах [2 - 7]. Вже є досвід використання Electronics Workbench при проведенні лабораторних робіт та в лекційному матеріалі [8 - 11]. Багато матеріалу по використанню Electronics Workbench можна знайти на сайті фірми-розробника [12]. Але вона містить тільки опис окремих елементів системи. Тому значна кількість авторів пропонують навчальні посібники та самовчителі по Electronics Workbench, які розкривають та деталізують можливості системи [11, 13]. Слід зазначити, що фахівці з комп'ютерної техніки повинні не тільки користуватися готовими схемами, але й розробляти їх. Тому і впливає, що майбутнім фахівцям доцільно пройти шлях у комп'ютерній техніці, розробляючи самостійно базові вузли комп'ютера.

Постановка завдань дослідження. Метою статті є узагальнення досвіду автора по використанню програмної системи ElectronicsWorkbench в навчальному процесі для комп'ютерних дисциплін. Володіючи унікальними властивостями по моделюванню електронних схем, ElectronicsWorkbench дозволяє замінити макети з дослідження окремих компонентів комп'ютерної техніки їх віртуальними аналогами. Лабораторні роботи, курсові та дипломні проекти по комп'ютерній техніці можна виконувати на звичайних персональних комп'ютерах. Паралельно можна проводити аналітичне моделювання з використанням системи комп'ютерної математики [1]. Результатом є суттєва економія коштів, скорочується потреба в технічному персоналі. Ставиться задача по розробці основних вузлів комп'ютера по принципу «знизу вгору». З'являється можливість вивчати процеси, недоступні при традиційному підході. Це дозволить краще з'ясувати процеси, що протікають у комп'ютері, привити навички проектування електронних схем.

Виклад основного матеріалу. Виклад матеріалу від простого до складного, визначає порядок його проходження. Теоретичною основою комп'ютерної техніки є булева алгебра, що оперує з двійковими функціями. Найпростішими і основними є функції І, АБО, НІ (інверсія). Для їх реалізації використовуються діоди і тригери в інтегральному виконанні. Тому однією з перших лабораторних робіт може бути робота, присвячена реалізації функцій І, АБО, НІ на діодах і транзисторах. Для вироблення сигналу "1" в ручному режимі будемо використовувати елемент живлення  разом із ключем . Для індикації стану окремих точок схеми будемо використовувати елемент . Відсутність світіння означає логічний нуль, елемент горить червоним кольором - логічна одиниця. Приклад реалізації схеми І на діодах в Electronics Workbench наведено на рис. 2.

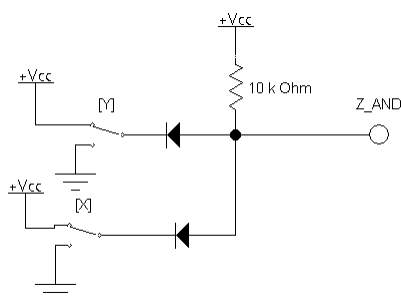


Рис. 2. Реалізація функції
 І на діодах

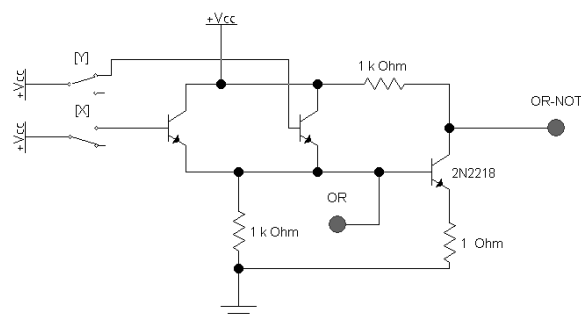


Рис.3. Реалізація функцій
 АБО і АБО-НІ на транзисторах

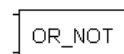


Рис.4. значок
 субблока АБО-НІ

Приклад реалізації схем АБО і АБО-НІ на транзисторах в Electronics Workbench наведено на рис. 3. На рис.4 наведено значок підсхеми АБО-НІ, отриманий шляхом включення компонентів схеми реалізації АБО-НІ в підсхему. З цією підсхемою можна працювати на логічному рівні, не звертаючи увагу на внутрішню структуру. Клацнувши правою кнопкою миші по підсхемі, можна відкрити її структуру, як показано на рис. 5.

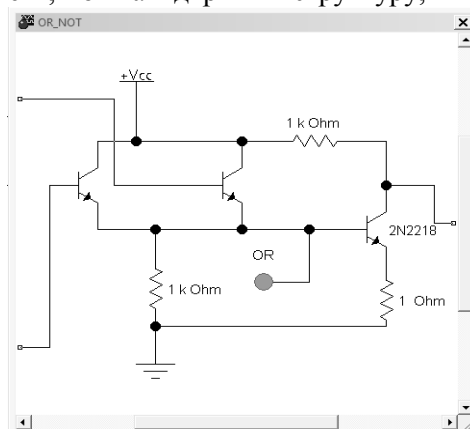


Рис. 5. Внутрішня структура підсхеми АБО-НІ

Найважливішим елементом комп'ютерної техніки є тригер. Їх типів досить багато: RS, T, D, JK, синхронні, асинхронні, одноктакні, двотактні. І хоча в Electronics Workbench є кілька готових схем, що виконують функцію тригера, доцільно в навчальних цілях самостійно зібрати один з типів тригера і переконатися в його здатності зберігати один біт інформації. Зокрема на рис. 6 представлений макет для дослідження RS-тригера, побудованого на підсхемах АБО-НІ.

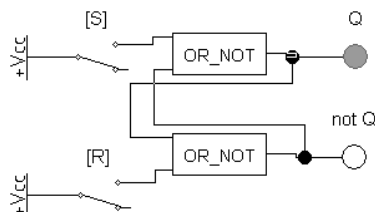


Рис. 6. Віртуальний макет для дослідження

RS-тригера, побудованого на підсхемах АБО-НІ

У комп'ютерній схемотехніці широке застосування знайшов JK-тригер, комутуючи певним чином входи якого, можна реалізувати інші типи тригерів. Для дослідження цих можливостей можна використовувати макет зображений на рис. 7.

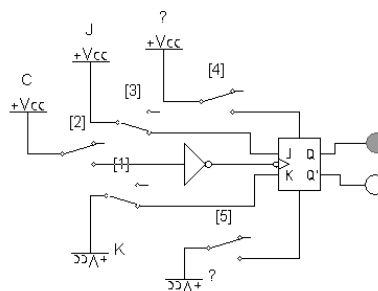


Рис.7. Віртуальний макет для дослідження
 JK-тригера

У макеті використовується синхронний JK-тригер з бібліотеки Electronics Workbench зі входами примусової установки у нуль або одиницю. Дослідження проводиться у кілька етапів. Спочатку, відключивши синхронний вхід С, студент по черзі подає сигнали по входу 4 і 5. Таким чином він визначає, що нижній вхід це асинхронний вхід скидання тригера у нульовий стан - R, а верхній вхід це асинхронний вхід установки тригера в одиничний стан - S, тобто тригер працює в режимі RS.

Наступним кроком в дослідженні тригера буде визначення реакції тригера, тобто стан в момент $t + 1$, на комбінацію сигналів на входах J, K, C і його стан в момент t . Для цього студент повинен, попередньо встановлюючи тригер або в одиничний або нульовий стан і подавати на вхід тригера сигнали відповідно до табл.1, табл. 2, табл.3, фіксує зміни на виході і заносючи стан одиничного виходу тригера в колонку $(t + 1)$. При цьому сигнал C подається після установки входів J, K у відповідний стан.

Таблиця 1.

Таблиця переходів JK-тригера при $J=0, K=0$

t				t+1
Q	J	K	C	Q
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	0	0	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	0	0	

Таблиця 2.

Таблиця переходів JK-тригера при подачі керуючих сигналів

t				t+1
Q	J	K	C	Q
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	0	0	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	0	1	0	

t				t+1
Q	J	K	C	Q
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	0	0	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	0	1	0	

Таблиця 3.

Таблиця переходів JK-тригера при J=1, K=1

t				t+1
Q	J	K	C	Q
0	1	1	0	
0	1	1	1	
0	1	1	0	
1	1	1	0	
1	1	1	1	
1	1	1	0	

По кожній таблиці робляться висновки, наприклад, якщо подати на входи J і K сигнал логічної одиниці, то по приходу синхросигналу тригер змінює свій стан на протилежний. Тобто JK-тригер працює у режимі T-тригера.

На основі тригерів у комп'ютері будуються регістри. Сучасні процесори мають у своєму складі до декількох сотень регістрів різного призначення. Регістр в загальному випадку повинен мати інформаційні входи, інформаційні виходи і входи управління, що дозволяють обнулити регістр, записати в нього інформацію і прочитати її, для чого потрібні відповідні схеми. На рис.8 наведено макет для дослідження регістра на чотири розряду.

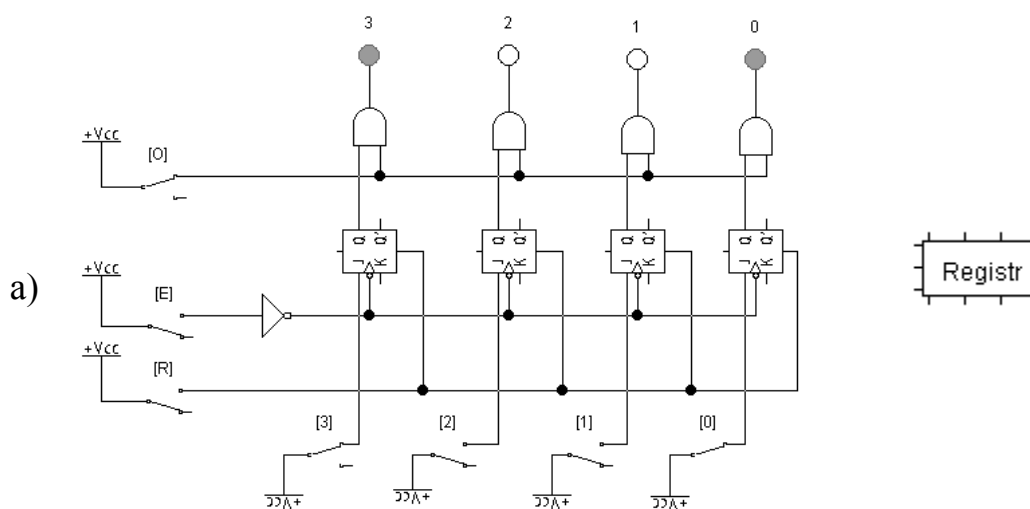


Рис.8. Макет для аналізу роботи регістра. а - загальна схема; б - підсхема, побудована за схемою регістра

Нижні джерела живлення спільно з ключами імітують вхідну інформацію, яку необхідно записати у реєстр. О (Out) - керуючий вхід видачі інформації з реєстру. При подачі на нього сигналу логічна одиниця інформація з реєстра надходить у вихідні лінії. Е (Enable) - керуючий вхід дозволу запису інформації, що надходить по вхідним лініях у реєстр. R (Reset) - асинхронний вхід скидання (обнуління) реєстра, при подачі на нього сигналу логічна одиниця усі тригери реєстра переходять в нульовий стан.

Використовуючи JK-тригер в режимі Т-тригера, можна побудувати двійковий лічильник імпульсів. Двійкові лічильники використовуються для побудови блоку управління комп'ютером, таймера і виконання інших функцій. На рис.9 наведено макет для дослідження двійкового лічильника з послідовним переносом.

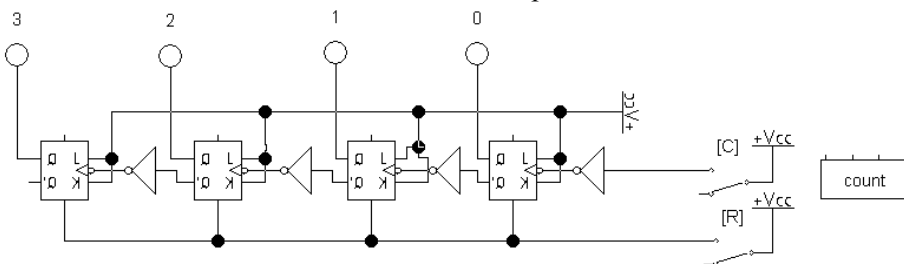


Рис.9. Віртуальний макет для дослідження лічильника і субсхема лічильника

У макеті використовуються синхронні JK-тригери з бібліотеки Electronics Workbench із входами примусової установки у нуль або одиницю. Тут на входи J і K JK-тригерів подаються сигнали логічної одиниці. Кожен JK-тригер в лічильнику виконує функцію несинхронного тригера з рахунковим входом. Як імітатор послідовності позитивних імпульсів використовується ключ С. Для приведення лічильника в початковий стан використовується вхід R. У процесі дослідження функціонування лічильника студенти заповнюють табл.4, де x - число поданих імпульсів.

Таблиця 4.

Таблиця станів двійкового лічильника

x	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	0
1				
2				
...

За табл.4 студенти будують тимчасову діаграму його роботи. Підключивши логічний аналізатор (LogicAnalyzer) необхідно простежити стани входу С, одиничних виходів тригерів і зіставити з побудованою діаграмою роботи. На рис.10 наведено приклад тимчасової діаграми роботи лічильника, отриманої за допомогою логічного аналізатора. Самий нижній графік відноситься до зміни сигналу по входу, інші відображають стан виходів тригерів.

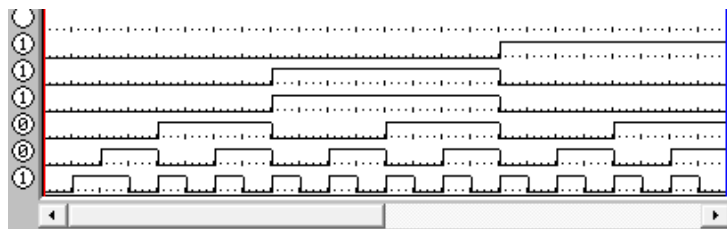


Рис.10. Аналіз лічильника за допомогою логічного аналізатора

Підключивши на тактовий вхід С функціональний генератор (FunctionGenerator), можна провести отримати тимчасову діаграму роботи лічильника в автоматичному режимі.

В оволодінні навчального матеріалу важливе місце повинно бути відведено методиці проектування комбінаційних схем по таблиці істинності. Однією з лабораторних робіт може бути проектування дешифратора і відпрацювання його на віртуальному макеті. У процесорі дешифратор, на вхід якого надходять послідовні коди з лічильника, може використовуватися для вироблення мікрокоманд при виконанні певної операції. Для прикладу спроектуємо дешифратор з двома входами і, відповідно, з чотирма виходами. Його функціонування задається табл. 5.

Таблиця 5.

Таблиця істинності дешифратора на два входи

1	0	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0

Використовуючи теорію булевих функцій [10], складаємо вирази для функцій y_1 , y_2 , y_3 , (y_4 залишаємо вільної, щоб не використовувати комбінацію 00 на вході).

$$y_1 = \bar{x}_1 \cdot x_2, \quad y_2 = x_1 \cdot \bar{x}_2, \quad y_3 = x_1 \cdot x_2.$$

За цими виразами збираємо віртуальний стенд (див. рис.11).

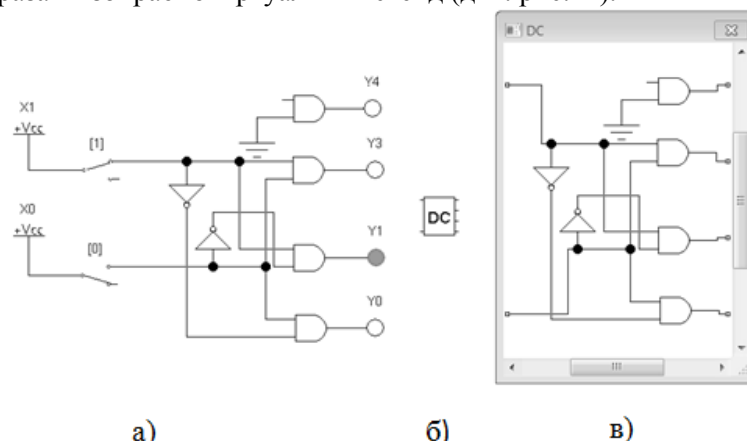


Рис.11. а) Макет для аналізу роботи дешифратора. б) Підсхема, побудована за схемою дешифратора. в) Внутрішня структура підсхеми дешифратор

Подаючи на входи дешифратора комбінації сигналів відповідно до табл.5 і фіксує вихідні сигнали, переконуємося в працездатності схеми.

Освоївши функціонування базових блоків комп'ютера, можна переходити до розуміння логіки роботи всього процесора. Основним завданням процесора є виконання команд програми, що входять в його набір команд. Залежно від типу процесора кількість команд варіюється від декількох десятків до декількох сотень. Загальним для всіх команд є те, що вони виконуються за кілька тактів, ініційованих відповідними мікрокомандами. У виконанні кожної команди задіяний ряд блоків: тактовий генератор, лічильник, дешифратори, які утворюють пристрій управління процесора. Технологію виконання команд процесора можна освоїти на прикладі якоїсь простої команди, наприклад, MOV - пересилання двійкового слова з одного регістра в інший. Для цього використовуємо віртуальний макет, зображений на рис. 12.

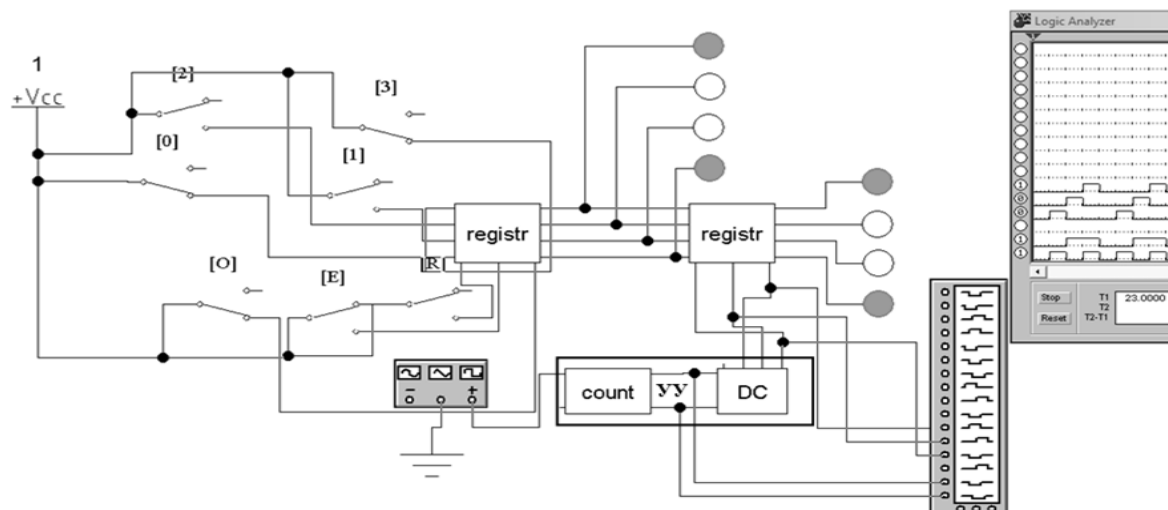


Рис. 12. Віртуальний макет для дослідження процесу виконання команди MOV

Як джерела двійкових сигналів використовуються ключі, підключені до джерела, що імітує логічну одиницю. У якості 4-х розрядних регістрів, лічильника і дешифратора, використовуються підсхеми по рис.8 - 10, що забезпечує спадкоємність матеріалу.

Перед відпрацюванням команди MOV, у лівий регістр в ручному режимі заноситься число, в даному випадку 1001. За сигналом Out (O) інформація з тригерів першого регістра надходить на вихідні лінії, що відображається індикаторами. Управління процесом виконання команди MOV здійснюється, так само як і в реальному процесорі, пристроєм управління (УУ), що складається з лічильника (count) і дешифратора (DC). На вхід УУ подаються прямокутні імпульси з генератора з частотою 1 Гц. Виходом УУ є мікрокоманди Reset, Enable, Out, які послідовно подаються на входи управління другого регістра. Візуальний контроль за процесом відпрацювання команди MOV здійснюється за допомогою LogicAnalyzer (логічний аналізатор). На перший і другий входи LogicAnalyzer заведені виходи з лічильника, причому перший вхід відображає стан першого рахункового тригера лічильника і, відповідно, сигнали з тактового генератора. На четвертий, п'ятий і шостий входи LogicAnalyzer заведені виходи мікрокоманд з дешифратора. Демонстрація відпрацювання команди MOV здійснюється циклічно і, як видно з тимчасової діаграми, по мікрокоманді Out, зміст другого регістра подається на його виходи, що фіксується запалюванням відповідних індикаторів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Тривале використання системи Electronics Workbench в навчальному процесі для комп'ютерних дисциплін, зокрема «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів», показало унікальні можливості цієї системи для навчального процесу. Цьому сприяють такі чинники: дружній інтерфейс, хороша довідка, ряд готових рішень. Мнемонічні зображення стандартних елементів електронної і комп'ютерної техніки збігається із загальноприйнятими стандартами. Довільний з'єднання провідником двох елементів на схемі автоматично перетворюється в ламану лінію з відрізками, паралельними осям 0x і 0y. Особливо цінним є властивість системи Electronics Workbench формувати з функціонального блоку зі складною структурою з відповідними входами і виходами закінченого елемента схеми - субсхема, яка позначається як невеликий прямокутник з висновками. Цей елемент міститься в окрему бібліотеку і може використовуватися у відповідності зі своєю функцією нарівні зі стандартними елементами системи. Система Electronics Workbench забезпечує гнучкість навчального процесу. Так модернізація лабораторних робіт зводяться до зміни відповідного віртуального макета.

Слід зазначити, що в системі Electronics Workbench не передбачена робота з програмними компонентами комп'ютерних систем. Тому серед напрямків подальших досліджень можна виділити додавання програмних процесів, що реалізують функції

комп'ютерної системи, дослідження спільного функціонування апаратно-програмних засобів і розробки відповідних методик.

Список використаних джерел

1. Литвинов А. Л. Интенсификация учебного процесса с использованием Maple / А. Л. Литвинов // Проблемы инженерно-педагогической освіти : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2015. – № 46. С. 77-84.
2. Карлашук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение / В. И. Карлашук. – М. : СОЛОН-Пресс, 2003. – 736 с.
3. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум по Electronics Workbench. Т. 1: Электротехника / под ред. Д. И. Панфилова. – М. : МЭИ, 2001. – 304 с.
4. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум по Electronics Workbench. Т. 2: Электроника / под ред. Д. И. Панфилова. – М. : МЭИ, 2004. – 325 с.
5. Кардашев Г. А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств / Г.А. Кардашев. – М. : Горячая линия-Телеком, 2002. – 260 с.
6. Кардашев Г. А. Цифровая электроника на компьютере. Electronics Workbench / Г. А. Кардашев. – М. : Горячая линия-Телеком, 2003. – 311 с.
7. Победаш, К. К. Интерфейс программного комплекса Electronics Workbench [Электронный ресурс] : навч. посіб. з дисциплін «Електроніка та мікросхемотехніка», «Електроніка і системотехніка», «Промислова електроніка» для студентів напрямів підготовки: 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» 6.050702 «Електромеханіка» 6.051004 «Оптотехніка» / К. К. Победаш, В. А. Святненко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 57 с.
8. Миланов М. В. Разработка и моделирование электронных схем на платформе Electronics Workbench Multisim: учебн. пособ. по лабораторному практикуму / М. В. Миланов, С. Л. Момот, М. А. Момот. – Харьков : ХАИ, 2014. – 93 с.
9. Литвинов А. Л. Розробка підсистеми «Лекція» в системі управління навчанням MOODLE для комп'ютерних дисциплін / А. Л. Литвинов // Проблемы инженерно-педагогической освіти : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2016. – № 50-51. – С. 153-160.
10. Торба А. А. Аналоговая и цифровая электроника: учеб. пособие / А. А. Торба. – Харьков : СМИТ, 2010. – 432 с.
11. Чернышов Н. Г. Моделирование и анализ схем в Electronics Workbench : учеб.-метод. пособие / Н. Г. Чернышов, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2005. – 52 с.
12. NATIONAL INSTRUMENT [Электронный ресурс] : Сайт фирмы. – Электрон. данные. – © 2017 National Instrumenta Corporation. – Режим доступа: <http://www.electronicworkbench.com/>
13. Хернитер М. Е. Самоучитель по Electronics Workbench Multisim / М. Е. Хернитер. – М. : Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488 с.

Referenses

1. Litvinov, AL 2015, 'Intensifikacija uchebnogo processa s ispolzovaniem Maple', [Intensification of the educational process using Maple] *Problemy inzhenerno-pedahohichnoyi osvity*, Ukrayinska inzhenerno-pedahohichna akademiya, Kharkiv, no. 46, pp. 77-84.
2. Karlashuk, VI 2003, *Jelektronnaja laboratorija na IBM PC. Programma Electronics Workbench i ee primenenie*, [Electronic laboratory on IBM PC. Electronics Workbench and its application] SOLON-Press, Moskva.
3. Panfilov, DI (ed.) 2001, *Jelektrotehnika i jelektronika v jeksperimentah i upravhnenijah. Praktikum po Electronics Workbench*, [Electrical engineering and electronics in experiments and exercises. Workshop on Electronics Workbench] vol. 1 Jelektrotehnika, Moskovskij jenergeticheskij institut, Moskva.
4. Panfilov, DI (ed.) 2004, *Jelektrotehnika i jelektronika v jeksperimentah i upravhnenijah. Praktikum po Electronics Workbench*, [Electrical engineering and electronics in experiments and exercises. Workshop on Electronics Workbench] vol. 2 Jelektronika, Moskovskij jenergeticheskij institut, Moskva.
5. Kardashev, GA 2002, *Virtualnaja jelektronika. Kompjuterne modelirovanie analogovyh ustrojstv*, [Virtual electronics. Computer modeling of analog devices] Gorjachaja linija-Telekom, Moskva.
6. Kardashev, GA 2003, *Cifrovaja jelektronika na kompjutere. Electronics Workbench*, [Digital electronics on the computer. Electronics Workbench] Gorjachaja linija-Telekom, Moskva.
7. Pobyedash, KK & Svyatnenko, VA 2014, *Interfeys prohramnoho kompleksu Electronics Workbench*, [The interface of the Electronics Workbench software] Natsionalnyy tekhnichnyy universytet Ukrayiny Kyuyivskyy politekhnichnyy instytut, Kyuyiv.

8. Milanov, MV, Momot, SL & Momot, MA 2014, *Razrabotka i modelirovanie jelektronnyh shem na platfome Electronics Workbench Multisim*, [Development and modeling of electronic circuits on the platform Electronics Workbench Multisim] Harkovskij aviacionnyj institut, Harkov.

9. Lytvynov, AL 2016, 'Rozrobka pidsystemy Lektsiya v systemi upravlinnya navchannyam MOODLE dlya kompyuternykh dystsyplin', [Development of the subsystem "Lecture" in the system of management education MOODLE for computer disciplines] *Problemy inzhenerno-pedahohichnoyi osvity*, Ukrayinska inzhenerno-pedahohichna akademiya, Kharkiv, no. 50-51, pp. 153-160.

10. Torba, AA 2010, *Analogovaja i cifrovaja jelektronika*, [Analog and digital electronics] SMIT, Harkov.

11. Chernyshov, NG & Chernyshova, TI 2005, *Modelirovanie i analiz shem v Electronics Workbench*, [Modeling and analysis of circuits in the Electronics Workbench] Izdatelstvo Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, Tambov.

12. NATIONAL INSTRUMENT 2017, <<http://www.electronicworkbench.com/>>.

13. Herniter, ME 2006, *Samouchitel po Electronics Workbench Multisim*, [Self-teacher on Electronics Workbench Multisim] Izdatelskij dom DMK-press, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2017р.